

## CAPITULO 1

### DAÑOS EN LA SALUD POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Debido al avance de la tecnología y al crecimiento de la población el hombre ha interferido en el equilibrio ecológico de la naturaleza, lo cual ha tenido consecuencias en su propia salud y en el medio ambiente, provocando daños en todo el planeta.

Las actividades humanas han afectado el medio ambiente desde el inicio de su existencia sobre la tierra. La tala de bosques, la irrigación y el arado de la tierra fueron necesarios a partir del descubrimiento de la agricultura. La revolución industrial y el uso del carbón como una fuente de energía trajeron prosperidad a la humanidad pero también contaminación ambiental cuyo impacto en la salud humana ha llevado a la introducción de normas para controlar las emisiones y mejorar su calidad.

En el reporte de 1960 sobre las Metas Internacionales en la Investigación de la Contaminación del Aire se dijo que:

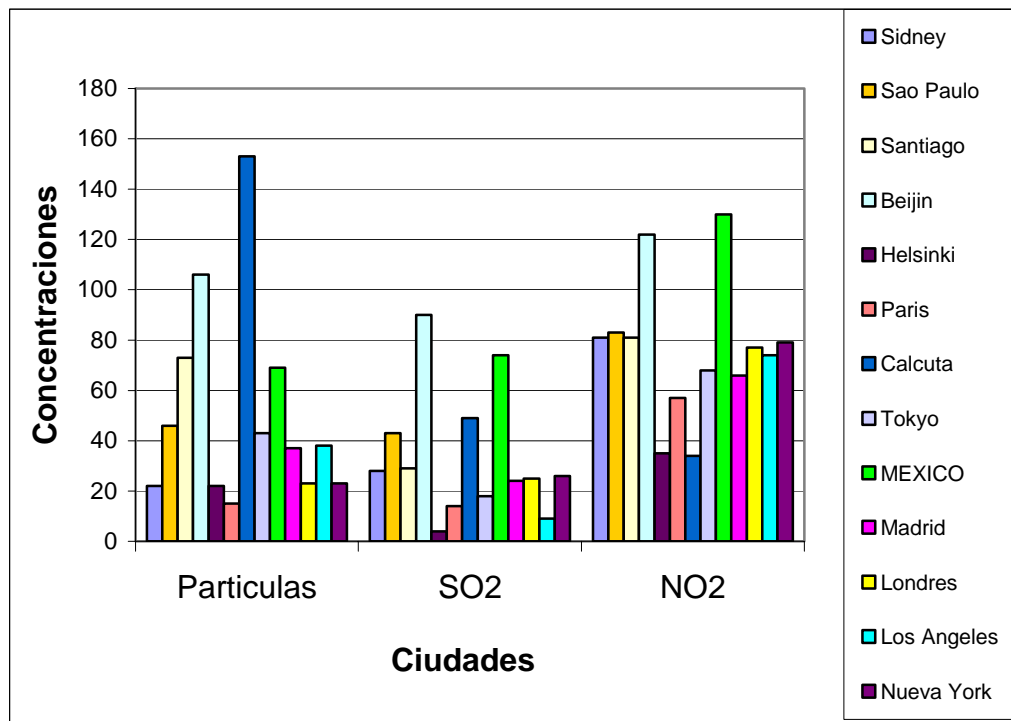
Los aspectos de la contaminación del aire que son más evidentes y de mayor preocupación personal al individuo probablemente son la irritación de los ojos, nariz y garganta y la reducción de la visibilidad. Los contaminantes causantes de estos efectos son indeseables, ya sea que provoquen o no efectos de largo plazo en la salud o pérdidas económicas, porque causan molestia a las personas [...] No hay duda que el bienestar de una persona es eventualmente afectado por exposición a estas molestias sensoriales y que esto resultará en pérdidas económicas (Medalia, 1964:2).

### 1.1 Niveles de contaminación de la Ciudad de México en el contexto mundial

La gráfica 1.1 presenta los niveles de contaminación de partículas suspendidas, dióxido de sulfuro y dióxido de nitrógeno en microgramos por metro cúbico para varias ciudades del mundo en el año 2001. El promedio de  $\text{SO}_2$  en el mundo en ese periodo fue de  $49.74\mu\text{m}^3$ , el de  $\text{NO}_2$  fue de  $55.21\mu\text{m}^3$  y el de las partículas suspendidas fue de  $56.18\mu\text{m}^3$ . Los niveles de los tres contaminantes en la Ciudad de México para dicho año estuvieron arriba del promedio mundial.

Grafica 1.1

Nivel de contaminantes en el mundo



Fuente: Creación propia con los datos del Banco Mundial.

Esto indica que la salud de la gente está siendo afectada por los altos niveles de contaminación y es importante hacer un estudio económico sobre la disposición a pagar de la gente que vive en el Distrito Federal por reducciones en los niveles de contaminación.

Debido a la creciente contaminación de la Ciudad de México y los efectos que ha provocado en la salud humana el propósito de esta investigación es estimar, a través de la función de la producción de salud, la disposición a pagar de una persona para que los niveles de contaminantes en el aire se reduzcan.

Para poder estimar la DAP se deben conocer los distintos tipos de contaminantes que existen en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), su fuente de emisión y los daños que provocan en la salud con el fin de elegir cuáles serán incluidos en la estimación empírica del modelo.

## 1.2 Contaminación del aire en el valle de México

El área metropolitana de la Ciudad de México es la segunda más grande del mundo y tiene concentradas un número importante de fuentes de contaminación que se han generado por el crecimiento demográfico, el desarrollo industrial, la deforestación de las zonas boscosas, la erosión del suelo y el parque vehicular (Novaro, 1999).

Además, la Ciudad de México tiene características geográficas y sociológicas que causan una mayor acumulación de contaminantes en la atmósfera. Está a una altura de

2240 metros sobre el nivel del mar por lo que el contenido de oxígeno en el aire es 23% menor que a nivel del mar. Está rodeada de montañas; las sierras del Ajusco, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina que son una barrera natural a la circulación del viento. Por su altura y por estar rodeada de montañas en invierno ocurre el fenómeno de inversión térmica que estabiliza el aire e impide que las corrientes de viento dispersen los contaminantes (Novaro, 1999).

Existen muchos contaminantes que se encuentran en el ambiente y que son un importante componente del aire exterior e interior. Los más importantes son el dióxido de sulfuro ( $\text{SO}_2$ ), el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), los hidrocarburos poliaromáticos y las partículas suspendidas pues se ha reconocido que causan efectos en la salud, especialmente en individuos que padecen enfermedades respiratorias<sup>1</sup> (Holgate, 1999).

Algunos de estos contaminantes son emitidos directamente en la atmósfera y son conocidos como contaminantes primarios. Otros son formados en el aire como resultado de reacciones químicas con otros contaminantes y gases atmosféricos; éstos son conocidos como contaminantes secundarios. Los contaminantes primarios tienen una relación proporcional entre emisiones y concentración ambientales; sin embargo, para los contaminantes secundarios no existe una relación proporcional ya que una disminución

---

<sup>1</sup> Las partículas suspendidas son aquellas que se transportan a través del aire. Pueden estar compuestas de polvo que surge de la desintegración de sólidos, de humo resultante de los procesos de combustión incompletos, o de la condensación de material evaporado (como los óxidos de hierro que surgen de las soldaduras) mezclado con partículas que provienen de la quema de combustibles (Holgate, 1999).

en las emisiones no conduce a una reducción en su concentración en el aire, incluso puede aumentar la concentración<sup>2</sup> (Holgate, 1999).

Para evaluar los efectos de la contaminación del aire en la salud de un individuo o de una población y formular estrategias de abatimiento, se deben conocer las fuentes y la manera en que se generan los contaminantes ya que determinan, en muchos casos, el grado de exposición que tienen las personas ante éstos. Los contaminantes que se liberan en la atmósfera pueden dividirse en tres grandes categorías según su fuente de emisión (SEMARNAT).

### 1. Emisiones que proceden de fuentes móviles (sector del transporte)

Las más importantes, junto al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), son los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC), que pueden ser compuestos orgánicos volátiles y no volátiles, partículas de hollín y derivados de precursores de HC y NO<sub>x</sub> y como consecuencia de una foto-oxidación, el ozono (O<sub>3</sub>).

### 2. Emisiones que proceden de fuentes fijas (industria, hogares, agricultura y vertederos)

Está el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los NO<sub>x</sub>, los HC, las partículas de hollín y los metales pesados, los cloro-fluoro-carbonos (CFC) y el metano (CH<sub>4</sub>).

### 3. Emisiones que surgen de la producción de energía

Las principales emisiones son el CO<sub>2</sub>, el SO<sub>2</sub> y las partículas de hollín.

---

<sup>2</sup> Una reducción en las emisiones de dióxido de nitrógeno puede incrementar los niveles de ozono en las zonas urbanas (Holgate, 1999)

### 1.3 Los principales contaminantes del aire.

#### 1.3.1 Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) son un contaminante importante ya que su emisión lleva a concentraciones elevadas de dióxido de nitrógeno y es precursor de la formación de ozono en la troposfera.

Los óxidos de nitrógeno se forman en la atmósfera por los relámpagos, incendios forestales y la actividad bacteriológica en los suelos, pero sus fuentes antropogénicas son más importantes. Los NO<sub>x</sub> también se forman durante la combustión a altas temperaturas, por la oxidación del nitrógeno que se encuentra en los combustibles. Las principales fuentes son la combustión interna de los motores, plantas de energía a base de combustibles fósiles y la combustión industrial (Holgate, 1999). También se deriva de las emisiones de vehículos, la industria y combustión de gas (en estufas) en ambientes interiores.

Algunos investigadores consideran que la evidencia epidemiológica de las pruebas muestra que este contaminante no tiene efectos significativos en la salud (Hester, 1998). Sin embargo, hay estudios que muestran que exposiciones largas al NO<sub>2</sub> en lugares cerrados aumentan las enfermedades respiratorias bajas, el asma, la tos y la dificultad para respirar en el individuo (Holgate, 1999). El dióxido de nitrógeno puede irritar los pulmones, causar bronquitis y pulmonía, así como reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones (SIMAT).

### 1.3.2 Ozono (O<sub>3</sub>)

La formación del ozono se realiza por la acción de los rayos ultravioletas sobre el óxido de nitrógeno y los hidrocarburos. El ozono estratosférico afecta a sujetos asmáticos y a los que no padecen esta enfermedad de igual manera, a diferencia de otros contaminantes como el SO<sub>2</sub> que estrecha las vías respiratorias en pacientes con asma (Hester, 1998).

Los individuos que viven en zonas donde se registran regularmente concentraciones altas de ozono presentan diversos síntomas como son la irritación ocular, de nariz y de garganta, tos, dificultad y dolor durante la respiración profunda, dolor subesternal, opresión en el pecho, malestar general, debilidad, náusea y dolor de cabeza (SIMAT).

### 1.3.3 Dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>)

La principal fuente de dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>) proviene de la quema de combustibles fósiles que contienen sulfuro, principalmente de la combustión de carbón y aceites pesados en las plantas eléctricas. El gas natural, el petróleo y el diesel son combustibles que tienen bajo contenido en sulfuro (Holman, 1999).

En diversos estudios realizados, se encontró que este contaminante tiene un efecto negativo en la función de las vías respiratorias. Las personas asmáticas son más sensibles al SO<sub>2</sub> pues responden con una contracción en los bronquios ante niveles de exposición más bajos que los individuos sanos (Holgate, 1999). En altas concentraciones el dióxido de sulfuro puede ocasionar dificultad para respirar, humedad excesiva en las mucosas de

las conjuntivas, irritación severa en vías respiratorias e incluso al interior de los pulmones por formación de partículas de ácido sulfúrico, ocasionando vulnerabilidad en las defensas. También es causante de enfermedades respiratorias como bronco constricción, bronquitis y traqueitis (SIMAT).

#### 1.3.4 Monóxido de carbono (CO)

Con respecto al monóxido de carbono, los fumadores de cigarrillos están expuestos a altas cantidades de este contaminante debido a su hábito. En el aire exterior la principal fuente es el parque vehicular. Al contrario de los otros contaminantes citados, el mecanismo por medio del cual el monóxido de carbono ejerce efecto en la salud humana es mejor comprendido. Su inhalación provoca la formación de carboxi-hemoglobina en las células rojas de la sangre lo que puede llevar a la pérdida de conciencia, y si el individuo no muere quedan daños cerebrales de distintos grados (Hester, 1998).

#### 1.4 Comportamiento de los contaminantes en la Ciudad de México (noviembre 2002 a abril 2003)

En este apartado se presenta el comportamiento de cuatro contaminantes en la Ciudad de México durante los meses de noviembre de 2002 y abril de 2003 pues la encuesta en la que está basada esta tesis fue realizada en dicho periodo<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Como se explicará con mayor detalle en el capítulo 4 y 5, el hecho de no conocer la fecha exacta en que fue aplicado a cada individuo el cuestionario de Salud pone limitaciones a la estimación de la función de visitas al médico, pues las concentraciones de los contaminantes varían durante este periodo en cada delegación lo que hace imposible saber el nivel de polución al que estuvieron expuestas las personas de la muestra.



Los contaminantes para los cuales se analizará su comportamiento son el ozono ( $O_3$ ), el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), el dióxido de sulfuro ( $SO_2$ ) y el monóxido de carbono ( $CO$ ). Solo estos cuatro contaminantes se usarán en las estimaciones del modelo de producción de salud porque se cuenta con sus datos diarios en las 11 delegaciones a las que pertenecen los individuos de la muestra.

En la gráfica 1.2 se muestra el comportamiento del  $O_3$ ,  $SO_2$  y  $NO_2$  durante el periodo de seis meses señalado. En la gráfica 1.3 se muestra el comportamiento del monóxido de carbono. Cabe destacar que los datos sobre niveles de polución usados en las estimaciones de esta investigación son un promedio de los máximos diarios entre noviembre 2002 y abril 2003. En capítulos posteriores se explicará la razón por la cual se decidió usar estos datos.

En la primera gráfica se puede ver que las estaciones de Pedregal (PED), Plateros (PLA) y Tlalpan (TPN) son las que registraron mayores concentraciones de  $O_3$ . Por ello el informe anual 2003 de la calidad del aire del Sistema de Información y Monitoreo Atmosférico (SIMAT) señaló que la población con mayor riesgo por exposición a ozono es la que habita en el suroeste de la ciudad, ya que esta zona rebasó más días el valor de la norma que es de 0.11 ppm promedio máximo de una hora y 0.08ppm promedio de 8 horas.

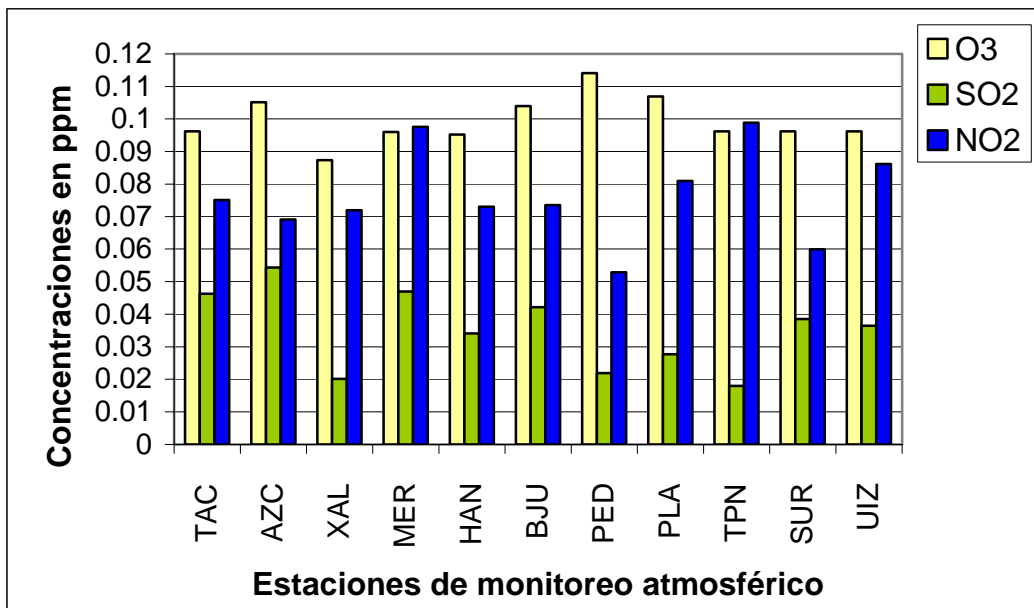
En cuanto al  $NO_2$ , los monitores que registraron mayores concentraciones fueron Mercedes (MER), Plateros (PLA) y Tlalpan (TPN), el primero pertenece a la zona Centro

del Distrito Federal y los otros dos al Suroeste. La Norma Mexicana de salud establece como límite de protección a la salud una concentración máxima diaria de 0.21 ppm promedio de 1 hora una vez al año para protección de la población susceptible. En la gráfica se observa que el promedio de los máximos de NO<sub>2</sub> no rebasó la norma en el periodo considerado.

Gráfica 1.2

Promedio de máximos diarios de O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en el Distrito Federal

(noviembre 2002 - abril 2003)



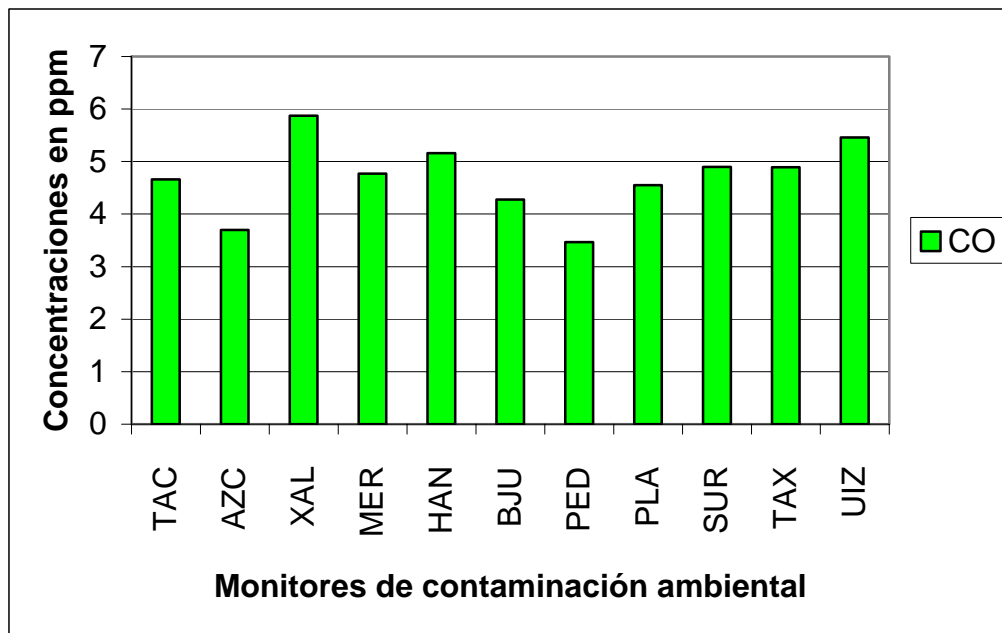
Fuente: Creación propia con datos del Sistema de Monitoreo Atmosférico SIMAT

Respecto al dióxido de azufre SO<sub>2</sub>, las concentraciones máximas permitidas en México son de de 0.13 ppm promedio de 24 horas, una vez al año. Las mayores concentraciones en el periodo se presentaron en Atzacapotzalco (AZC) pertenecientes a la

zona Noroeste del Distrito Federal. Este contaminante tampoco rebasó la Norma Mexicana durante el periodo considerado.

Gráfica 1.3

Promedio de máximos diarios de CO en el Distrito Federal  
(noviembre 2002 - abril 2003)



Fuente: Creación propia con datos del Sistema de Monitoreo Atmosférico SIMAT

Por último, los promedios más altos del contaminante de monóxido de carbono se registraron en el monitor de Xalostoc (XAL) que está ubicado en el Noreste de la Ciudad de México y el monitor de Iztapalapa (UIZ) ubicado en el Sureste. La Norma Mexicana señala que el CO no debe rebasar 11.00 ppm en promedio durante 8 horas. La gráfica muestra que durante el periodo de noviembre 2002 y abril 2003 este contaminante no rebasó la norma de salud.